

Acessibilidade urbana e avaliação de impacto

Rafael H. M. Pereira, Daniel Herszenhut

2022-08-29T00:00:00+00:00

Table of contents

Apresentação	5
Licença de uso	5
 I PARTE 1: Introdução a acessibilidade urbana	 6
1 O que é acessibilidade?	8
1.1 Definição de acessibilidade urbana	8
1.2 Por que acessibilidade importa?	8
1.3 Diferença entre micro e macro acessibilidade	9
1.4 Diferença entre acessibilidade e mobilidade urbana	9
 2 Indicadores de acessibilidade	 11
2.1 Medidas baseadas em lugares	11
2.1.1 Mínima distância ou tempo de viagem	11
2.1.2 Medida cumulativa de oportunidades	11
2.1.3 Medidas gravitacionais	11
2.1.4 Indicadores com competição: Floating catchment area	11
2.2 Medidas baseadas em pessoas	11
 II PARTE 2: Dados do Projeto AOP	 13
 III Quais dados estão disponíveis?	 15
Escopo dos dados:	16
Dados de população, empregos e serviços públicos:	16
Dados de acessibilidade urbana:	16
 3 Dados de população e socioeconômicos	 17
3.1 Download dos dados	17
3.2 Mapa de população total	18
3.3 Mapa de população por cor	19
3.4 Mapa de população por renda	20

4	Dados de distribuição espacial de oportunidades	22
4.1	Download dos dados	22
4.2	Mapa de empregos	22
4.3	Mapa de escolas	22
4.4	Mapa de servi os de sa de	22
4.5	Mapa de CRAS	22
5	Estimativas e mapas de acessibilidade	23
5.1	Download dos dados	23
5.2	Estimativas de acessibilidade	23
5.3	Geografia do acesso a oportunidades	23
5.3.1	Mapa TMI a sa de	23
5.3.2	Mapa CMA empregos	23
5.4	Desigualdades de acesso a oportunidades	23
IV	PARTE 3: Dados de transporte público	24
6	Dados GTFS	26
6.1	Estrutura dos arquivos de GTFS	26
6.1.1	agency.txt	26
6.2	Onde encontrar GTFS de cidades brasileiras	30
6.3	Como extrair análises básicas de um GTFS (pacote gtfstools)	30
6.4	Cálculo de velocidade das linhas	30
6.5	Cálculo de frequência das linhas	30
6.6	Mapear a rede de transporte público	30
6.7	Como fazer edições na rede de transporte público (pacote gtfstools)	30
V	PARTE 4: Calculando acessibilidade	31
7	Calculando acessibilidade urbana com r5r	32
VI	PARTE 5: Avaliação de impacto	33
8	Comparando a acessibilidade entre dois cenários de transporte	34
8.1	7.1 Alterar frequência de GTFS	34
8.2	7.2 Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois	34
8.3	Mapa do impacto de acessibilidade	34
8.4	Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais	34
9	Comparando a acessibilidade entre dois cenários de uso do solo	35
9.1	Simulação de aumentando de densidade populacional	35

9.2	Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois	35
9.3	Mapa do impacto de acessibilidade	35
9.4	Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais	35
References		36
Appendices		36
A	Noções básicas de R	37
A.1	Objetos	37
A.2	Data.frames	38
A.3	Como importar e exportar arquivos	38
A.4	Funções	38
A.5	Visualização de dados com <code>ggplot2</code>	38

Apresentação

Este livro tem como objetivo equipar gestores públicos, analistas e pesquisadores de planejamento e transporte urbano com o conhecimento e as habilidades práticas necessárias para a realização de estudos e avaliações de impacto de acessibilidade urbana. Além de uma visão geral sobre conceitos e indicadores de acessibilidade, o livro ensina a analisar dados espaciais e de redes de transporte utilizando a linguagem de programação R, focando especialmente no cálculo e criação de visualizações de acessibilidade nas cidades brasileiras. O livro tem caráter prático “mão na massa”, e se apoia em exemplos reproduzíveis e exercícios em R.

O livro é elaborado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) no âmbito da parceria entre Ipea e a Secretaria de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano (SMDRU) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).

i Este livro foi escrito e publicado com o sistema de publicação [Quarto](#). Todo o código utilizado em seu preparo e na sua publicação pode ser encontrado [neste repositório](#).

Licença de uso

Definir licença.

Part I

PARTE 1: Introdução a acessibilidade urbana

Objetivo: O objetivo desse capítulo é (1) apresentar o que o conceito de acessibilidade urbana e esclarecer a diferença entre acessibilidade e mobilidade; e (2) apresentar uma visão geral sobre os principais e indicadores para se medir acessibilidade.

Quanto tempo se consegue acessar em menos de uma hora usando transporte público? Quanto tempo se leva para chegar até o posto de saúde ou escola mais próxima da sua casa? As respostas a essas perguntas dependem diretamente das políticas de transporte e de desenvolvimento urbano das cidades. Essas políticas determinam em larga medida a acessibilidade urbana, isto é, a facilidade com a qual pessoas de diferentes grupos sociais e níveis de renda distintos conseguem acessar oportunidades de emprego, serviços de saúde e educação, atividades culturais e de lazer. Assim, essas políticas têm papel-chave para o funcionamento da economia, para a construção de cidades mais sustentáveis e inclusivas e para a redução da desigualdade de acesso a oportunidades

1 O que é acessibilidade?

1.1 Definição de acessibilidade urbana

Acessibilidade é a facilidade com que as pessoas conseguem alcançar lugares e oportunidades – ou, inversamente, uma característica de lugares e oportunidades em termos de quão facilmente eles podem ser alcançados pela população (Geurs & van Wee, 2004; Neutens et al., 2010).

A noção de acessibilidade está relacionada tanto à co-distribuição espacial da população e de atividades econômicas e serviços públicos quanto à configuração e desempenho das redes de transporte. Nesse sentido, a acessibilidade urbana tem papel fundamental na capacidade das pessoas de se deslocarem para acessar oportunidades (como empregos, escolas, etc.).

tres componentes:

- Infraestrutura
- Uso do solo
- Pessoas

O nível de acessibilidade de uma cidade ou bairro depende da eficiência e conectividade da rede de transporte, mas também da proximidade entre pessoas e atividades. A promoção de cidades mais sustentáveis, inclusivas e inteligentes exige políticas que melhorem a acessibilidade urbana e reduzam as desigualdades de acesso a oportunidades.

1.2 Por que acessibilidade importa?

O conceito de acessibilidade é central em estudos de transporte por várias razões. Esse conceito articula de maneira mais explícita como políticas de transporte e políticas de desenvolvimento e uso do solo urbano interagem de maneira a impactar as capacidades das pessoas de se deslocarem nas cidades. O acesso a postos trabalho, serviços de educação e saúde tem papel fundamental para a satisfação das necessidades individuais e sociais, e é uma condição necessária, embora não suficiente, para a expansão da liberdade de escolha das pessoas (Church, Frost e Sullivan, 2000; Farrington, 2007; Lucas et al., 2016). Ademais, a ideia de acessibilidade traz à tona a dimensão espacial da injustiça e desigualdade no acesso a oportunidades, e ajuda a incorporar de maneira explícita a noção de espaço no desenho de políticas destinadas a enfrentar essas injustiças (Farrington e Farrington, 2005; Pereira, Schwanen e Banister, 2017).

O nível de acesso a oportunidades numa cidade é um resultado conjunto da capacidade de as pessoas utilizarem tecnologias de transporte e da integração entre a distribuição geográfica de atividades vis-à-vis a conectividade espacial e temporal da rede de transporte (Miller, 2018; Páez, Scott e Morency, 2012). Assim, a construção de cidades mais inclusivas e sustentáveis passa, em larga medida, por um planejamento integrado entre uso do solo e do sistema de transporte, o que tende a criar maior proximidade entre pessoas e atividades, aumentando a acessibilidade urbana e reduzindo a dependência de modos de transporte motorizados (Banister, 2011)

1.3 Diferença entre micro e macro acessibilidade

Para fins de esclarecimento de conceitos, é importante distinguir entre o que nós chamamos de acessibilidade urbana e o uso mais corrente que é feito no português da palavra acessibilidade.

- O termo *acessibilidade* é comumente utilizado para se referir a questões relacionadas à normas de design, construção e planejamento para inclusão de pessoas com diferentes graus e tipos de deficiência física. Isso é o que nós podemos chamar de **microacessibilidade**, pois trata na escala micro individual da capacidade de pessoas conseguirem acessar lugares, serviços, produtos etc.
- A expressão *acessibilidade urbana*, por sua vez, pode ser entendida como **macroacessibilidade**, pois trata de uma maneira mais ampla sobre como a capacidade das pessoas de acessarem atividades considerando tanto as capacidades das pessoas utilizarem tecnologias de transporte quanto a distribuição espacial de atividades vis-à-vis a cobertura e conectividade da rede de transporte.

Note, portanto, que microacessibilidade é um importante componente de uma noção mais ampla de acessibilidade urbana. Ainda, ambas micro e macroacessibilidade tem papel fundamental em moldar a mobilidade urbana da população.

1.4 Diferença entre acessibilidade e mobilidade urbana

A noção de acessibilidade é diferente, mas complementar à de mobilidade urbana. Estudos sobre mobilidade urbana costumam olhar para os padrões de viagens que as pessoas efetivamente fazem no seu dia a dia – por exemplo, quantas viagens foram feitas, que modo de transporte as pessoas usam, qual o tempo de deslocamento casa-trabalho etc. Essas questões são tipicamente captadas por meio de pesquisas origem-destino, e trazem importantes informações sobre as condições de transporte e bem-estar das pessoas.

No entanto, a mobilidade não é um fim em si mesma. As pessoas se deslocam como um meio para acessar as atividades no destino da viagem, incluindo oportunidades de emprego, lazer, serviços, entre outras. O enfoque na acessibilidade urbana destaca justamente essas atividades e

oportunidades que podem ser acessadas pelas pessoas, dadas as suas características individuais, a forma de organização espacial das cidades e a maneira como se organizam os sistemas de transporte.

2 Indicadores de acessibilidade

Existem diversos indicadores para se medir acessibilidade. Esses indicadores podem ser divididos em dois grandes grupos: indicadores baseados em lugar e indicadores baseados em pessoas (Dijst, Jong, and Eck 2002).

2.1 Medidas baseadas em lugares

Medidas baseadas em lugar medem a acessibilidade enquanto uma característica de um determinado local. Por simplificação, esses indicadores assumem que todas as pessoas que se encontram em um mesmo local tem as mesmas condições de acesso às atividades distribuídas pela cidade. Esses indicadores são sensíveis a fatores relacionados a distribuição espacial de atividades e a configuração e desempenho da rede de transporte, mas não levam em consideração as características individuais das pessoas.

Os indicadores desse tipo os mais amplamente utilizados por agências de transporte e pesquisadores (ref). Isso porque esses indicadores exigem menor quantidade de dados e são consideravelmente mais fáceis de serem calculados. Por este motivo, todo o material desse curso irá se focar nesses indicadores de acessibilidade baseados em lugares.

Nós apresentamos abaixo uma rápida descrição de alguns desses indicadores.

2.1.1 Mínima distância ou tempo de viagem

2.1.2 Medida cumulativa de oportunidades

2.1.3 Medidas gravitacionais

2.1.4 Indicadores com competição: Floating catchment area

2.2 Medidas baseadas em pessoas

Indicadores de acessibilidade baseadas em pessoas são sensíveis não apenas à distribuição espacial de atividades e a configuração e desempenho da rede de transporte. Esses indicadores mas também levam em consideração como características pessoais (como sexo, idade, deficiência

física etc) e até questões como atividades e compromissos pessoais podem afetar a facilidade de uma pessoa acessar determinadas atividades. Esse grupo de medidas inclui, por exemplo, indicadores de acessibilidade baseados em utilidade ou medidas de espaço-tempo.

Os indicadores desse tipo costumam demandar grandes quantidades de dados, incluindo registros de diários de viagem, pesquisas domiciliares tipo origem-destino etc. Além disso, o cálculo desses indicadores é computacionalmente mais intensivo e complexo, o que faz com que esses indicadores sejam menos utilizados, embora mais sofisticados (ref).

Part II

PARTE 2: Dados do Projeto AOP

Objetivo: o objetivo deste capítulo é mostrar como fazer download e analisar os dados do projeto Acesso a Oportunidades (AOP) utilizando o pacote `aopdata` no R.

O projeto [Acesso a Oportunidades](#) disponibiliza uma extensa base de dados com informações sobre a distribuição da população, atividades econômicas e serviços públicos, além de várias estimativas de acessibilidade urbana para diversos tipos de atividades considerando diferentes modos de transporte (caminhada, bicicleta, transporte público e automóvel), diferentes horários do dia (pico e fora-pico) e diferentes grupos populacionais (segundo níveis de renda, raça, sexo e idade). Nesta versão, a base de dados traz essas informações para diversos anos, se apoiando em uma única metodologia consistente para as 20 maiores cidades do Brasil. Veja abaixo `?@tbl-tabela_dados_pop` e `?@tbl-tabela_dados_access`.

i As metodologias utilizadas para gerar estes dados são apresentadas em detalhe em publicações separadas, para os dados populacionais e de uso do solo (ref), e para os dados de acessibilidade (ref).

Part III

Quais dados estão disponíveis?

Escopo dos dados:

Dados de população, empregos e serviços públicos:

Tabela x. Informações socioeconômicas da população e de distribuição espacial de atividades, segundo ano e fonte de dados.

Dado	Informações
Características sociodemográficas da população	Quantidade de pessoas segundo sexo, faixa de idade e cor/raça
Estabelecimentos de educação	Quantidade de creches e escolas públicas segundo nível infantil
Estabelecimentos de saúde	Quantidade de estabelecimentos de saúde que atendem pelo SUS
Atividade econômica	Quantidade de empregos formais conforme o nível de instrução
Estabelecimentos de assistência social	Quantidade de CRAS

: Informações socioeconômicas da população e de distribuição espacial de atividades, segundo ano e fonte de dados {#tbl-tabela_dados_pop}

Dados de acessibilidade urbana:

Indicador (código)	Descrição
Tempo mínimo de viagem (TMI)	Tempo até a oportunidade mais próxima
Medida cumulativa ativa (CMA)	Quantidade de oportunidades acessíveis em um determinado limite de tempo
Medida cumulativa passiva (CMP)	Quantidade de pessoas que acessam a localidade em um determinado limite de tempo

: Indicadores de acessibilidade calculados no Projeto Acesso a Oportunidades {#tbl-tabela_dados_access}

3 Dados de população e socioeconômicos

3.1 Download dos dados

Para fazer o download dos dados do projeto AOP usando o pacote `aopdata`, você pode usar a função `read_population()`. Essa função baixa estimativas do Censo Demográfico de 2010 (REF) sobre a distribuição espacial da população e suas características em termos de renda domiciliar per capita, cor, sexo e idade. Nesta função, o parâmetro `city` permite você indicar os dados de qual cidade serão baixados.

Os dados estão agregados espacialmente em uma grade de [hexágonos H3](#) na resolução 9, na qual cada hexágono tem uma área de 0.11 km², o que equivale a aproximadamente o tamanho de um quarteirão. Para baixar os dados com as informações espaciais de geometria da grade espacial, você deve usar o parâmetro `geometry = TRUE`.

Neste exemplo, abaixo, nós mostramos como baixar os dados de população do Censo de 2010 para Fortaleza.

```
# load libraries
library(aopdata)

# download aop population data
df <- read_population(city='Fortaleza',
                      year=2010,
                      geometry = TRUE,
                      showProgress = FALSE)
```

Downloading population data for the year 2010

Os dados da tabela tem essa aparência aqui:

```
head(df)
```

Simple feature collection with 6 features and 22 fields
Geometry type: POLYGON

```

Dimension:      XY
Bounding box:   xmin: -38.50828 ymin: -3.889301 xmax: -38.4983 ymax: -3.878958
Geodetic CRS:   WGS 84

```

	year	id_hex	abbrev_muni	name_muni	code_muni	P001	P002	P003	P004	P005
1	2010	89801040323ffff	for	Fortaleza	2304400	30	8	21	0	1
2	2010	89801040327ffff	for	Fortaleza	2304400	318	77	233	0	8
3	2010	8980104032bffff	for	Fortaleza	2304400	0	0	0	0	0
4	2010	8980104032fffff	for	Fortaleza	2304400	103	24	77	0	2
5	2010	89801040333ffff	for	Fortaleza	2304400	43	11	31	0	1
6	2010	89801040337ffff	for	Fortaleza	2304400	348	86	252	0	10

	P006	P007	P010	P011	P012	P013	P014	P015	P016	R001	R002	R003
1	17	13	3	4	2	3	8	9	1	168.6	1	1
2	168	150	30	50	26	38	80	82	12	202.6	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
4	53	50	10	16	8	13	25	27	4	245.6	1	1
5	22	21	4	7	3	5	11	12	1	187.3	1	1
6	175	173	34	54	27	41	89	89	14	168.6	1	1


```

geometry
1 POLYGON ((-38.50232 -3.8858...
2 POLYGON ((-38.50527 -3.8840...
3 POLYGON ((-38.49932 -3.8841...
4 POLYGON ((-38.50227 -3.8824...
5 POLYGON ((-38.50237 -3.8893...
6 POLYGON ((-38.50532 -3.8875...

```

De imediato, se nota que os nomes das variáveis (colunas) da base de dados estão organizadas com códigos, como P001, P002...R001, R002 etc. A [descrição completa do dicionário de variáveis está disponível aqui](#). A descrição de algumas dessas colunas nas próximas seções, onde mostramos como fazer a visualização de alguns desses dados em mapas e gráficos.

3.2 Mapa de população total

Antes de visualizar os dados do `aopdata`, nós precisamos carregar algumas bibliotecas de visualização e manipulação de dados.

```

# load libraries
library(patchwork)
library(ggplot2)
library(scales)
library(sf)

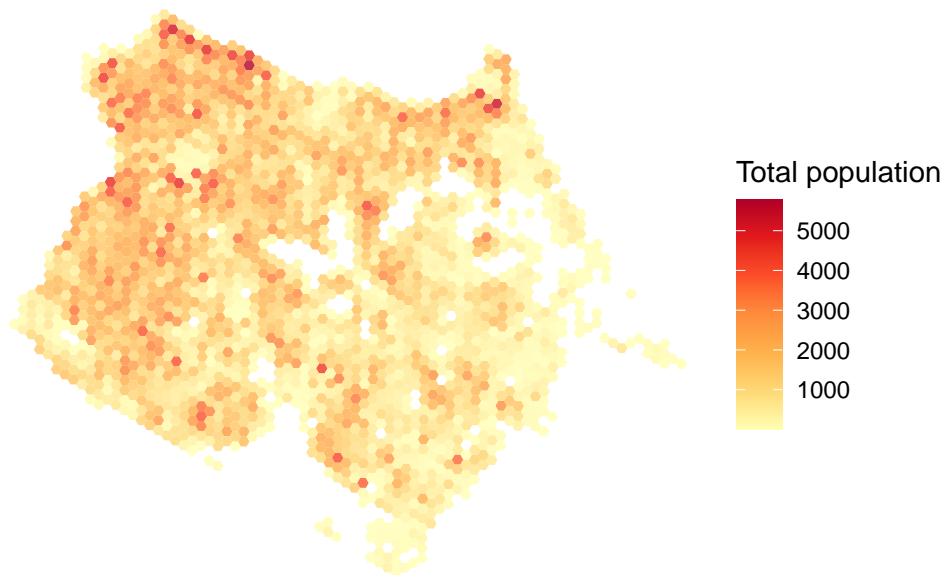
```

Linking to GEOS 3.8.0, GDAL 3.0.4, PROJ 6.3.1; sf_use_s2() is TRUE

Com um comando, é possível visualizar a distribuição espacial da população de Fortaleza. A figura mostra um mapa coroplético onde a cor de cada célula da grade espacial é preenchida com base na quantidade total de pessoas residentes (variável P001).

```
ggplot() +  
  geom_sf(data=subset(df, P001>0), aes(fill=P001), color=NA, alpha=.8) +  
  scale_fill_distiller(palette = "YlOrRd", direction = 1)+  
  labs(title='Population distribution', fill="Total population") +  
  theme_void()
```

Population distribution



3.3 Mapa de população por cor

Além da informação sobre a população total em cada célula, o dados do `aopdata` também permitem saber a quantidade de pessoas de diferentes cores (variáveis P002 a P005), sexo (variáveis P006 e P007) e faixas etárias (variáveis P010 à P016). O código abaixo ilustra como é simples calcular a proporção de pessoas negras e brancas em cada hexágono e visualizar esses dados num mapa.

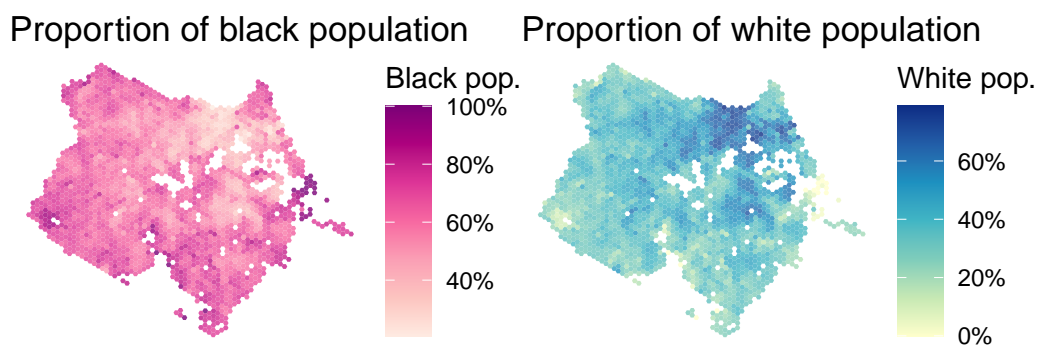
```

pop_b <- ggplot() +
  geom_sf(data=subset(df, P001 >0), aes(fill=P003 / P001), color=NA, alpha=.8) +
  scale_fill_distiller(palette = "RdPu", direction = 1, labels = percent)+
  labs(title='Proportion of black population', fill="Black pop.") +
  theme_void()

pop_w <- ggplot() +
  geom_sf(data=subset(df, P001 >0), aes(fill=P002 / P001), color=NA, alpha=.8) +
  scale_fill_distiller(palette = "YlGnBu", direction = 1, labels = percent)+
  labs(title='Proportion of white population', fill="White pop.") +
  theme_void()

# plot figure
pop_b + pop_w

```



3.4 Mapa de população por renda

Os dados trazem também informação sobre a renda domiciliar per capita média de cada hexágono (R001), e sua classificação em termos de quintil (R002) e decil de renda (R003). Com esses dados, é possível visualizar com o comando abaixo a distribuição espacial dos diferentes níveis de renda da cidade.R

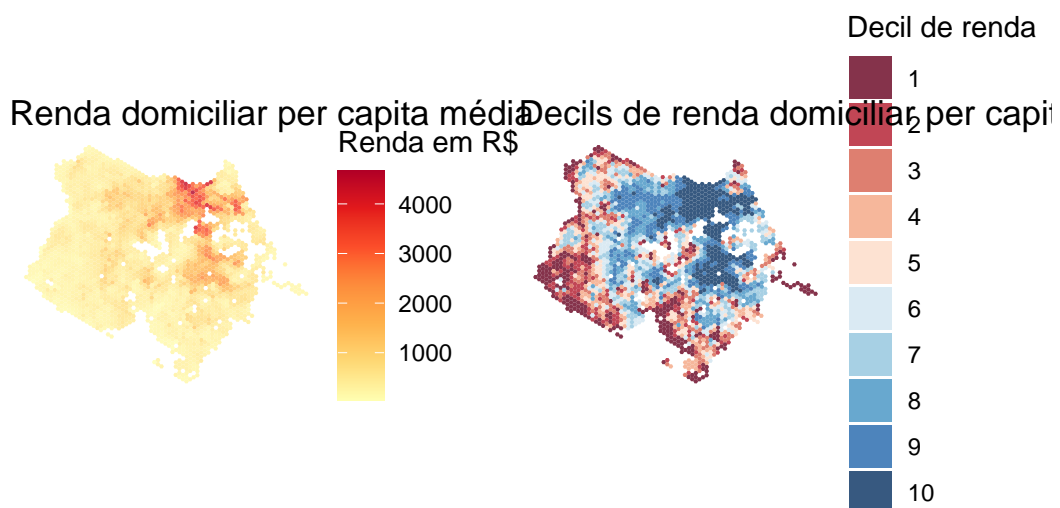
```

renda_c <- ggplot() +
  geom_sf(data=subset(df, P001 >0), aes(fill=R001), color=NA, alpha=.8) +
  scale_fill_distiller(palette = "YlOrRd", direction = 1)+
  labs(title='Renda domiciliar per capita média', fill="Renda em R$") +
  theme_void()

renda_d <- ggplot() +
  geom_sf(data=subset(df, !is.na(R002)), aes(fill=factor(R003)), color=NA, alpha=.8) +
  scale_fill_brewer(palette = "RdBu") +
  labs(title='Decils de renda domiciliar per capita', fill="Decil de renda") +
  theme_void()

# plot figure
renda_c + renda_d

```



4 Dados de distribuição espacial de oportunidades

4.1 Download dos dados

4.2 Mapa de empregos

4.3 Mapa de escolas

4.4 Mapa de serviços de saúde

4.5 Mapa de CRAS

1 + 1

[1] 2

5 Estimativas e mapas de acessibilidade

5.1 Download dos dados

5.2 Estimativas de acessibilidade

ilustrar alguns indicadores para pegar a logica do dicionario de dados

5.3 Geografia do acesso a oportunidades

a

5.3.1 Mapa TMI a sa de

a

5.3.2 Mapa CMA empregos

a

5.4 Desigualdades de acesso a oportunidades

1 + 1

[1] 2

Part IV

PARTE 3: Datos de transporte público

Dados de transporte público são peças fundamentais no planejamento de transportes em geral, e em análises de acessibilidade em particular. Para serem usados de forma que se tenha segurança no resultado das análises, esses dados precisam ser confiáveis e de simples inspeção e interpretação.

Tentando satisfazer esses critérios, cada vez mais agências de transporte público, tomadores de decisão e pesquisadores têm buscado utilizar dados estruturados conforme especificações abertas e colaborativas - ou seja, cujo formato seja decidido por uma comunidade de atores interessados, incluindo partes que produzem esses dados (agências de transporte público, por exemplo) e que os consomem (pesquisadores, desenvolvedores de ferramentas de planejamento, etc.), e não apenas por um único ator que dita, muitas vezes de forma pouco transparente, os padrões a serem utilizados. Embora uma especificação aberta não necessariamente resolva o problema da qualidade e da confiabilidade dos dados por ela descritos, quando esta é amplamente utilizada aumenta-se a confiabilidade da especificação em si. Além do mais, cresce também a capacidade de inspeção dos dados e de sua interpretação, visto que múltiplos atores detêm o conhecimento necessário para tal.

A especificação de dados aberta e colaborativa mais amplamente utilizada no contexto do planejamento de transporte público é o formato GTFS, sigla para *General Transit Feed Specification* (Especificação Geral de Redes de Transporte Público, em tradução livre). Seus usos abrangem tanto o planejamento quanto a operação de sistemas de transporte público. Nesta seção nós iremos aprender o que são os dados GTFS, como eles são estruturados e como utilizá-los, produzi-los e modificá-los.

6 Dados GTFS

O formato GTFS, como comentado na introdução desta seção, é uma especificação aberta e colaborativa que visa descrever os principais componentes de uma rede de transporte público. Atualmente, dados GTFS podem ser divididos em duas grandes categorias:

- GTFS Schedule, ou GTFS Static, que contém o cronograma estático de linhas de transporte público e informações espaciais sobre o itinerário de cada linha e suas paradas;
- GTFS Realtime, que contém informações de localização de veículos em tempo real e alertas de possíveis atrasos, de mudanças de percurso e de eventos que possam interferir no cronograma planejado.

Ao longo desta seção, nós focaremos no **GTFS Schedule**. Clique [aqui](#) para mais informações sobre o GTFS Realtime.

Por ser uma especificação aberta e colaborativa, o formato GTFS tenta abarcar em sua definição um grande número de usos distintos que agências de transporte e desenvolvedores de ferramentas possam dar a ele. No entanto, agências e *softwares* podem ainda assim depender de informações que não constem na especificação oficial. Surgem, dessa forma, [extensões](#) da especificação. Algumas dessas extensões podem eventualmente se tornar parte da especificação oficial, caso isto seja aceito pela comunidade de usuários do GTFS, enquanto a especificação de outras é continuamente desenvolvida paralelamente à oficial. Nesta seção nós focaremos em um subconjunto de informações presentes no formato GTFS Schedule “puro”, e, portanto, não cobriremos suas extensões.

6.1 Estrutura dos arquivos de GTFS

6.1.1 agency.txt

A Table [6.1](#) ...

```
agency_id,agency_name,agency_url,agency_timezone,agency_lang  
1,SPTRANS,http://www.sptrans.com.br/?versao=011019,America/Sao_Paulo,pt
```

Table 6.1: Exemplo de tabela *agency*

agency_id	agency_name	agency_url	agency_timezone	agency_lang
1	SPTRANS	http://www.sptrans.com.br/?versao=014019	America/Sao_Paulo	pt

Table 6.2: Exemplo de tabela *stops*

stop_id	stop_name	stop_desc	stop_lat	stop_lon
706325	Parada 14 Bis B/C	Viad. Dr. Plínio De Queiroz, 901	-	-
810602	R. Sta. Rita, 56	Ref.: R. Bresser / R. João Boemer	23.55593	46.65011
910776	Av. Do Estado, 5854	Ref.: Rua Dona Ana Néri	-	-
1010092	Parada Caetano Pinto	Av. Rangel Pestana, 1249 Ref.: Rua Caetano Pinto/rua Prof. Batista De Andrade	23.55896	46.61520
1010093	Parada Piratininga	Av. Rangel Pestana, 1479 Ref.: Rua Monsenhor Andrade	-	-
1010099	R. Xavantes, 612	Ref.: Rua Joli	23.54509	46.62006
			-	-
			23.53545	46.61368

Table 6.3: Exemplo de tabela *routes*

route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_type	route_color	route_text_color
CPTM L07	1	CPTM L07	JUNDIAI - LUZ	2	CA016B	
CPTM L08	1	CPTM L08	AMADOR BUENO - JULIO PRESTES	2	97A098	
CPTM L09	1	CPTM L09	GRAJAU - OSASCO	2	01A9A7	
CPTM L10	1	CPTM L10	RIO GRANDE DA SERRA - BRÁS	2	049FC3	
CPTM L11	1	CPTM L11	ESTUDANTES - LUZ	2	F68368	
CPTM L12	1	CPTM L12	CALMON VIANA - BRAS	2	133C8D	FFFFFF

Table 6.4: Exemplo de tabela *trips*

route_id	service_id	trip_id	trip_headsign	direction_id	shape_id
CPTM L07	USD	CPTM L07-0	JUNDIAI	0	17846
CPTM L07	USD	CPTM L07-1	LUZ	1	17847
CPTM L08	USD	CPTM L08-0	AMADOR BUENO	0	17848
CPTM L08	USD	CPTM L08-1	JULIO PRESTES	1	17849
CPTM L09	USD	CPTM L09-0	GRAJAU	0	17850
CPTM L09	USD	CPTM L09-1	OSASCO	1	17851

Table 6.5: Exemplo de tabela *calendar*

service_id	monday	tuesday	wednesday	thursday	friday	saturday	sunday	start_date	end_date
USD	1	1	1	1	1	1	1	2008-01-01	2020-05-01
U__	1	1	1	1	1	0	0	2008-01-01	2020-05-01
US_	1	1	1	1	1	1	0	2008-01-01	2020-05-01
_SD	0	0	0	0	0	1	1	2008-01-01	2020-05-01
__D	0	0	0	0	0	0	1	2008-01-01	2020-05-01
S	0	0	0	0	0	1	0	2008-01-01	2020-05-01

Table 6.6: Exemplo de tabela *shapes*

shape_id	shape_pt_lat	shape_pt_lon	shape_pt_sequence	shape_dist_traveled
17846	-23.53517	-46.63535	1	13.56768
17846	-23.53513	-46.63548	2	95.99193
17846	-23.53494	-46.63626	3	185.05103
17846	-23.53473	-46.63710	4	211.43776

shape_id	shape_pt_lat	shape_pt_lon	shape_pt_sequence	shape_dist_traveled
17846	-23.53466	-46.63735	5	356.31088
17846	-23.53416	-46.63866	6	483.96616

Table 6.7: Exemplo de tabela *stop_times*

trip_id	arrival_time	departure_time	stop_id	stop_sequence
CPTM L07-0	04:00:00	04:00:00	18940	1
CPTM L07-0	04:08:00	04:08:00	18920	2
CPTM L07-0	04:16:00	04:16:00	18919	3
CPTM L07-0	04:24:00	04:24:00	18917	4
CPTM L07-0	04:32:00	04:32:00	18916	5
CPTM L07-0	04:40:00	04:40:00	18965	6

Table 6.8: Exemplo de tabela *frequencies*

trip_id	start_time	end_time	headway_secs
CPTM L07-0	04:00:00	04:59:00	720
CPTM L07-0	05:00:00	05:59:00	360
CPTM L07-0	06:00:00	06:59:00	360
CPTM L07-0	07:00:00	07:59:00	360
CPTM L07-0	08:00:00	08:59:00	360
CPTM L07-0	09:00:00	09:59:00	480

- 6.2 Onde encontrar GTFS de cidades brasileiras**
- 6.3 Como extrair análises básicas de um GTFS (pacote gtfstools)**
- 6.4 Cálculo de velocidade das linhas**
- 6.5 Cálculo de frequência das linhas**
- 6.6 Mapear a rede de transporte público**
- 6.7 Como fazer edições na rede de transporte público (pacote gtfstools)**

Part V

PARTE 4: Calculando acessibilidade

7 Calculando acessibilidade urbana com r5r

Objetivo: mostrar como calcular acessibilidade urbana usando o pacote r5r

6.1 Função ‘accessibility{r5r}’, diferentes indicadores

6.2 Mapa de acessibilidade

```
1 + 1
```

```
[1] 2
```


Part VI

PARTE 5: Avaliação de impacto

8 Comparando a acessibilidade entre dois cenários de transporte

Objetivo: mostrar como avaliar o impacto de acessibilidade de uma política que altera a frequência de algumas linhas de transporte

8.1 7.1 Alterar frequência de GTFS

8.2 7.2 Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois

8.3 Mapa do impacto de acessibilidade

8.4 Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais

9 Comparando a acessibilidade entre dois cenários de uso do solo

Objetivo: mostrar como avaliar o impacto de acessibilidade de uma política que (a) constrói nova escola, ou (b) aumenta densidade de população em determinadas áreas da cidade

9.1 Simulação de aumentando de densidade populacional

9.2 Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois

9.3 Mapa do impacto de acessibilidade

9.4 Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais

References

Dijst, Martin, Tom de Jong, and Jan Ritsema van Eck. 2002. “Opportunities for Transport Mode Change: An Exploration of a Disaggregated Approach.” *Environment and Planning B: Planning and Design* 29 (3): 413–30. <https://doi.org/10.1068/b12811>.

A Noções básicas de R

A.1 Objetos

```
a <- 1
```

```
a + 1
```

```
[1] 2
```

```
a <- c(1,2,3)
```

```
a + 1
```

```
[1] 2 3 4
```

Texto

```
a <- "Bom dia"
```

```
paste(a, 'Joana')
```

```
[1] "Bom dia Joana"
```

A.2 Data.frames

A.3 Como importar e exportar arquivos

A.4 Funções

A.5 Visualização de dados com ggplot2

““